

畳み込みニューラルネットワークを用いた指紋認証に関する研究

著者	橋 愛
雑誌名	東北大学電通談話会記録
巻	90
号	1
ページ	240-241
発行年	2021-08-20
URL	http://hdl.handle.net/10097/00132899

修士学位論文要約（令和3年3月）

畳み込みニューラルネットワークを用いた指紋認証に関する研究

高橋 愛

指導教員：青木 孝文

Fingerprint Recognition using Convolutional Neural Network

Ai TAKAHASHI

Supervisor: Takafumi AOKI

Most fingerprint matching methods utilize minutia point and texture of fingerprint images as fingerprint features. The frequency spectrum is also a useful feature since a fingerprint is composed of ridge patterns with its inherent frequency band. We propose a convolutional neural network based method for extracting fingerprint features from texture, minutiae, and frequency spectrum. In order to extract effective texture features from local regions around the minutiae, the attention module is introduced to the proposed method. We also propose new data augmentation methods, which take into account the characteristics of fingerprint images. Through a set of experiments using FVC2004, we demonstrate that the proposed method exhibits the efficient performance on fingerprint verification compared with a commercial fingerprint matching software and conventional methods.

1. はじめに

顔、指紋、歩容等の身体的・行動的特徴を用いた個人認証技術であるバイオメトリクス認証が注目されている¹⁾。代表的なバイオメトリクス認証の1つである指紋認証は、利便性や信頼性が高く、導入コストが低いため、司法や行政、金融などの分野で利用されている。指紋は、指の表皮に存在する隆線の流れからなるパターンであり、識別性や永続性が高い生体特徴である。隆線が途切れる点や分岐する点はマニューシャと呼ばれ、多くの指紋認証で使用されている。マニューシャを用いた指紋認証は、マニューシャを正しく検出することができれば認証性能が高い。一方で、認証性能がマニューシャの検出精度に依存するという課題がある。例えば、肌が乾燥したり指先が傷がついたりすることで隆線が途切れ、マニューシャの誤検出が多数生じ、認証性能が低下する。マニューシャの検出が困難な指紋画像でも高性能な指紋認証を実現するためには、マニューシャだけでなく、指紋が有する複数の特徴を組み合わせる必要がある。そこで、本論文では、Convolutional Neural Network (CNN) を用いて、指紋認証に有効な指紋特徴を抽出する手法²⁾を提案する。具体的には、指紋のテクスチャ、マニューシャ、周波数スペクトルの特性を考慮した指紋特徴を抽出し、指紋認証に使用する。さらに、提案手法の再現性を保証するために、公開データセットの

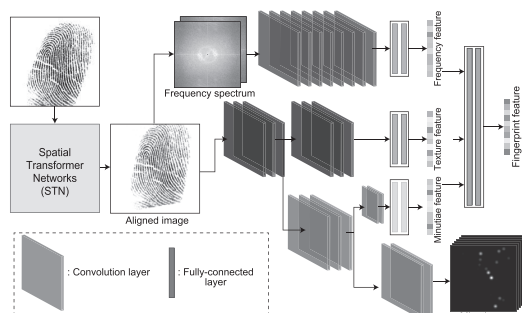


図1 提案手法のネットワーク

みを使用した学習を行う。指紋認証のベンチマークデータセットである FVC2004¹⁾ の DB1 と DB2 を用いて指紋認証の性能評価を行い、マニューシャマッチングを基本とする商用のソフトウェアや、CNN を用いた既存手法よりも提案手法が高性能であることを示す。

2. 畳み込みニューラルネットワークを用いた指紋認証に関する研究

提案手法では、テクスチャ、マニューシャ、周波数スペクトルの情報を含む特徴を同時に抽出するマルチタスク CNN（図1）を使用する。最終的に、3つの特徴を組み合わせた指紋特徴を用いて照合を行う。

¹⁾<http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/>

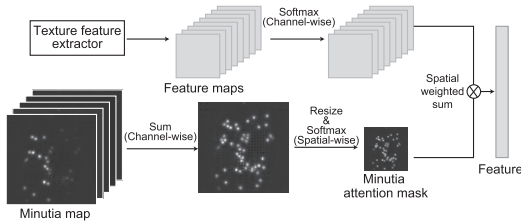


図2 アテンション機構

はじめに、入力画像が Spatial Transformer Networks (STN) で位置合わせされる。STN では、Localization network と呼ばれる CNN を用いて回転角を推定し、その回転角に基づいて画像を変形する。次に、位置合わせされた画像から、テクスチャ、マニユーシャ、周波数の特徴を抽出する。特徴抽出には、ResNet³⁾ をベースとする CNN を使用する。マニユーシャの位置と角度をマップとして表現するマニユーシャマップ⁴⁾を導入し、テクスチャの特徴とマニユーシャの特徴を同時に抽出する。マニユーシャ周辺のテクスチャ情報は個人識別に有効であるため、マニユーシャ周辺のテクスチャ特徴を抽出するためのアテンション機構(図2)を導入する。周波数の特徴抽出では、指紋画像を離散フーリエ変換して得られる周波数スペクトルの実部と虚部を並べた2チャンネルを入力とする。また、提案手法では、効果的な学習を行うために、指紋画像に適したデータ拡張として Random distortion と Random morphology²⁾ を使用し、指紋画像の歪みや潰れ、擦れを表現する。

3. 公開データセットを用いた性能評価実験

学習には、Multi-sensor Optical and Latent Fingerprint (MOLF)⁵⁾ を使用する。MOLF は様々なセンサで撮像した指紋画像を含み、9,000 枚を学習に、3,000 枚を検証に使用する。評価には FVC2004 DB1 と DB2 を使用する。DB1 と DB2 には、それぞれ 800 枚の指紋画像が含まれる。DB1 には、同じ被験者でも指紋領域の重複が少なく、非線形な歪みが含まれる指紋画像が多く含まれる。DB2 には、隆線のつぶれが多く、マニユーシャの検出が困難な指紋画像が多く含まれる。

マニユーシャマッチングを基本とする指紋認証 (Minutia Cylinder Code: MCC⁶⁾, NBIS², VeriFinger SDK 10.0³⁾) や、CNN を使用する指紋認証 (Engelsma et al.⁷⁾) と、提案手法の指紋認証精度を比

表1 認証精度 (EER [%])

Method	DB1	DB2
MCC ⁶⁾	13.40	13.39
NBIS ²	10.35	9.63
VeriFinger SDK 10.0 ³⁾	1.56	1.21
Engelsma et al. ⁷⁾	4.68	5.47
Proposed		
(w/o Attention)	1.59	1.10
Proposed		
(w/ Attention)	1.31	1.43

較した結果を表1に示す。提案手法は、VeriFinger SDK 10.0 と同程度か、それ以上の性能である。特に、アテンションを導入した提案手法では、DB1 において最も高性能である。一方で、アテンションを導入すると、DB2 では精度が低下する。認証精度の低下は、アテンション機構による重み付けが不十分であることが原因であると考えられる。

4. まとめ

本論文では、畳み込みニューラルネットワークを用いた指紋認証を提案し、公開データセットを用いた性能評価実験を通して、提案手法の有効性を実証した。今後の展望として、継時変化のある指紋画像を用いた指紋認証の実現が考えられる。

文献

- 1) A.K. Jain, P. Flynn, and A.A. Ross, Handbook of Biometrics, Springer, 2008.
- 2) A. Takahashi, Y. Koda, K. Ito, and T. Aoki, "Fingerprint feature extraction by combining texture, minutiae, and frequency spectrum using multi-task CNN," Proc. IEEE Int'l Joint Conf. Biometrics, pp.1-8, Sept. 2020.
- 3) K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, "Deep residual learning for image recognition," Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp.770-778, June 2016.
- 4) K. Cao, D. Nguyen, C. Tymoszek, and A.K. Jain, "End-to-end latent fingerprint search," IEEE Trans. Information Forensics and Security, vol.15, pp.880-894, 2020.
- 5) A. Sankaran, M. Vatsa, and R. Singh, "Multisensor optical and latent fingerprint database," IEEE Access, vol.3, pp.653-665, April 2015.
- 6) R. Cappelli, M. Ferrara, and D. Maltoni, "Minutia Cylinder-Code: A new representation and matching technique for fingerprint recognition," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, vol.32, no.12, pp.2128-2141, Dec. 2010.
- 7) J.J. Engelsma, K. Cao, and A.K. Jain, "Learning a fixed-length fingerprint representation," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence (Early access), pp.1-16, Dec. 2019.

²⁾<https://www.nist.gov/services-resources/software/nist-biometric-image-software-nbis>

³⁾<https://www.neurotechnology.com/verifinger.html>